

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky, informatiky

a mezipředmětových studií



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2010

Martin Rolf

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií

Studijní program: B2612 – Elektrotechnika a informatika
Studijní obor: 2612R011 – Elektronické informační a řídicí systémy

Rozhraní EPSNet-1Wire

The Interface EPSNet-1Wire

Bakalářská práce

Autor: **Martin Rolf**
Vedoucí práce: Ing. Miloš Hernych
Konzultant: Ing. Josef Grosman

V Liberci 21. 5. 2010



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií

Ústav mechatroniky a technické informatiky

Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Martin ROLF

Studijní program: B2612 Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: Elektronické informační a řídicí systémy

Název tématu: Rozhraní EPSNet-1Wire

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Seznamte se s komunikačním protokolem EPSNet a prvky a protokolem sběrnice Maxim-Dallas 1Wire.

2. Navrhněte HW rozhraní, které by umožňovalo kontinuální oboustrannou výměnu dat mezi PLC Tecomat s protokolem EPSNet a prvky na sběrnici Maxim-Dallas 1Wire.

3. Navržený HW zrealizujte, ověřte funkčnost a zpracujte technickou dokumentaci.

26.11.10

3/10 2:10

MT/

Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom(a) toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

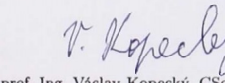
Bakalářskou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

V Liberci dne 21.5.2010

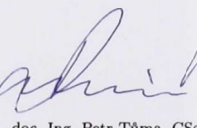


Rozsah grafických prací: dle potřeby dokumentace
Rozsah pracovní zprávy: cca 25-35 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:
[1] Firemní materiály firmy Teco, a.s. [online]. [2009-10-15]. Dostupné z: <<http://www.tecomat.cz>>
[2] Firemní materiály firmy Maxim Integrated Products, Inc. [online]. [2009-10-15]. Dostupné z: <<http://www.maxim-ic.com>>

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Miloš Hernych
Ústav mechatroniky a technické informatiky
Konzultant bakalářské práce: Ing. Josef Grosman
Ústav mechatroniky a technické informatiky
Datum zadání bakalářské práce: 16. října 2009
Termín odevzdání bakalářské práce: 21. května 2010


prof. Ing. Václav Kopecký, CSc.
děkan




doc. Ing. Petr Tůma, CSc.
vedoucí ústavu

V Liberci dne 16. října 2009

Poděkování

Děkuji svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Miloši Hernychovi za trpělivé vedení a cenné rady. Rád bych také poděkoval firmám, Maxim Integrated Products, Inc. a Dallas Semiconductor, za poskytnutí vzorků integrovaných obvodů, které byly využity pro realizování bakalářské práce.

Abstrakt

Prezentovaná bakalářská práce se zabývá návrhem modulu sloužícímu k realizaci rozhraní mezi prvky sběrnice 1-Wire a PLC Tecomat s protokolem EPSNet. Zároveň je její náplní vytvoření obslužného kódu pro řídicí jednotku modulu. Základními elementy elektronické části jsou moderní integrované obvody firem Dallas Semiconductor a Microchip Technology. Modul je navrhnut pro potřeby výuky na Ústavu mechatroniky a technické informatiky.

Klíčová slova: sběrnice 1-Wire, protokol EPSNet, mikrokontrolér, komunikace.

Abstract

This Bachelor thesis is engaged in the design of a module, intended to form an interface between elements of 1-Wire bus and PLC Tecomat with EPSNet protocol. Besides it is engaged in creation of software for the modul's control panel. The base elements of the electronics part are modern integrated circuits produced by companies Dallas Semiconductor a Microchip Technologys. The module is designed for educational purpose at the Institution of mechatronics and technical informatics.

Keywords: 1-Wire bus, protocol EPSNet, microcontroller, communication.

Obsah	
Prohlášení.....	3
Poděkování	4
Abstrakt.....	5
Seznam zkratk	9
1 Úvod	10
2 Sběrnice 1-Wire	11
2.1 Realizace sítě 1-Wire.....	11
2.1.1 Lineární topologie	12
2.1.2 Kofenová topologie	12
2.1.3 Hvězdicová topologie	12
2.1.4 Impedanční přizpůsobení.....	13
2.1.5 Parazitní napájení	13
2.2 Komunikace na 1-Wire.....	14
2.2.1 RESET impuls	14
2.2.2 Vyslání bitu.....	15
2.2.3 Příjem bitu.....	15
2.3 Hledání zařízení připojených na sběrnici.....	16
3 Síť EPSNet	16
3.1 Konfigurace sítě	17
3.2 Struktura protokolu EPSNet.....	17
3.2.1 Bez datového pole	18
3.2.2 S datovým polem	18
3.2.3 Zpráva token	18
3.3 Komunikační služby	19
4 Sériová linka RS-232.....	20
4.1 Provedení konektoru.....	20
4.2 Napěťové reference RS-232	21
4.3 Asynchronní komunikace	21

5 Realizace modulu	22
5.1 Hardware	22
5.1.1 Blokové schéma	22
5.1.2 Návrh převodníku 1-Wire - EPSNet	22
5.2 Software	24
5.2.1 Program pro návrh zdrojového kódu	24
5.2.2 Zdrojový kód pro mikrokontrolér	26
6 Testování	27
7 Závěr	30
Seznam použité literatury	31
Příloha A - Schéma modulu vytvořené v programu Eagle (verze 5.4).	32
Příloha B - Obsah CD	33

Seznam obrázků	
1.1: Lineární topologie.....	12
1.2: Kořenová topologie.....	12
1.3: Hvězdicová topologie.....	12
1.4: Impedanci přizpůsobení vedení sítě.....	13
1.5: Průběh RESET impulsu.....	14
1.6: Bitové sloty sběrnice 1-wire.....	15
3.1: Konektor CANNON 9.....	20
3.2: Rámec obsahující data o velikosti bytu.....	21
4.1: Navržené blokové schéma.....	22
4.1: Vzhled modulu.....	24
5.1: Zaplnění paměti RAM a ROM.....	25
6.1: Postup při testování modulu.....	27

Seznam tabulek	
1.1: Význam bitové kombinace přijaté řídící jednotkou při hledání ID čísla.....	16
2.1: Části využívané v protokolu EPSNet.....	17
2.2: Seznam systémových komunikačních služeb EPSNet.....	19
2.3: Seznam veřejných komunikačních služeb EPSNet.....	19
3.1: Popis konektoru CANNON 9.....	20
3.2: Napětíové úrovně RS232.....	21
3.3: Délky vedení v závislosti na přenosové rychlosti.....	21
4.1: Základní vlastnosti PIC16F887.....	23

Seznam zkratek

PLC	[Programmable Logic Controller]: Programovatelný automat pro řízení technologických procesů.
ID	[Identification]: Identifikační číslo určující jednoznačně daný objekt/přístroj.
UART	[Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter]: Univerzální synchronní i asynchronní přijímač a vysílač.
Profibus	[Process Field Bus]: Průmyslová sběrnice určená pro automatizaci výrobních linek.
USB	[Universal Serial Bus]: Univerzální sériová sběrnice.
ROM	[Read Only Memory]: Paměť pouze pro čtení. Trvalá (permanentní) paměť.
RAM	[Random Access Memory]: Paměť s libovolným (náhodným) výběrem (přístupem).
OSI	[Open Systems Interconnection]: Propojení definované normami ISO pro výměnu dat pomocí sedmi vrstev.
SMD	[Surface Mounted Device]: Součástka pro povrchovou montáž.
LED	[Emitting Diode]: Světloemitující dioda.

1 Úvod

Programovatelné logické automaty (PLC) nalezneme v mnoha aplikacích, kde plní funkce od řízení až po archivace získaných dat. Využívané jsou i v domácnostech k ovládání osvětlení, zabezpečení objektů, měření teplot a regulaci tepelných jednotek. Možnosti automatu jsou však omezené nejen počtem periférií, ale i adaptabilitou s jinými systémy či sběrnici. Proto byl v rámci této bakalářské práce vyvinut modul pro rozšíření PLC Tecomat o možnost spojení se sítí vytvořenou z prvků 1-Wire.

Sběrnice 1-Wire je určena ke spojení s měřicími nebo řídícími zařízeními společnosti Maxim-Dallas. Charakteristické vlastnosti této sběrnice spočívají v malém množství vodičů i v sériové výměně digitálních dat pomocí polovičního duplexu na jednom vodiči. Rozpoznání určitého prvku v sítích 1-Wire zajišťuje jeho jedinečné identifikační (ID) číslo uložené v paměti, která je obsažena v každém zařízení na sběrnici a využívá se i v případě archivace dat.

Cílem této bakalářské práce je realizace modulu umožňující kontinuální výměnu dat mezi prvky 1-Wire sběrnice a sítí EPSNet. Modul by měl dále projít testováním, kde pomocí protokolu EPSNet bude navázáno spojení s PLC Tecomat. Výsledky budou zdokumentovány v této bakalářské práci. Modul je určen pro potřeby výuky na Ústavu mechatroniky a technické informatiky, jako rozšíření PLC Tecomat o možnost spojení se zařízením komunikujícím po sběrnici 1-Wire.

2 Sběrnice 1-Wire

Sběrnice 1-Wire byla vyvinuta firmou Dallas Semiconductor v 90. letech k využití zejména ve třech oblastech. Nejprve sloužila k programování pamětí, záhy našla uplatnění u přístrojů pro řešení problémů identifikace, přenosu nebo zpracování informace (technologie iButton). Následující kroky vedly na oblasti automatizovaných systémů, kde se dále rozvíjí. Firma Dallas Semiconductor se později spojila s další významnou společností ve světě techniky, společností Maxim Integrated Products, Inc., společně pak rozšiřují nabídku zařízení pro síť 1-Wire.

Řízení a přenos dat zajišťuje pouze jeden vodič označovaný 1-Wire. Sběrnice je však tvořena ještě zemnicím vodičem, eventuálně je rozšířena i o elektrické napájení pro připojená zařízení.

2.1 Realizace sítě 1-Wire

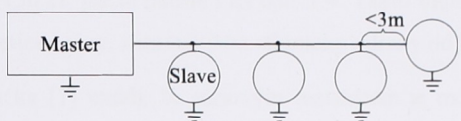
Síť 1-Wire je tvořena nejméně dvěma vodiči (případně třemi), řídicí jednotkou (master) a podřízeným zařízením (slave). Jeden z vodičů zajišťuje zemnění, druhý slouží k přenosu dat i signalizaci, eventuálně bývá využit třetí vodič přivádějící elektrické napětí 5 V. Sběrnice má v klidovém stavu hodnotu napětí v rozmezí 3 V až 5,5 V, což zajišťuje připojený rezistor (pull-up) o velikosti 4,7 kΩ od elektrického zdroje. Alternativou může být i dodání potřebné energie z řídicí jednotky.

Sítě 1-Wire jsou popisovány z hlediska rozložení prvků pomocí parametrů hmotnosti (weight) a poloměru (radius). Zatímco poloměr má hodnotu délky cesty od řídicí jednotky k nejvzdálenějšímu podřízenému zařízení, tak hmotnost sítě udává sumu všech vzdáleností. Ani jeden parametr by neměl přesáhnout předepsané hodnoty uvedené v [1]. Obecně platí, že hmotnost omezuje rychlost doby náběhu sítě a poloměr určuje nejpomalejší odezvu prvku.

Ačkoliv lze připojit podřízená zařízení ke sběrnici 1-Wire téměř „volnou“ formou, přesto jsou určena doporučená uspořádání prvků do vhodných struktur. Následující text je věnován právě této problematice.

2.1.1 Lineární topologie

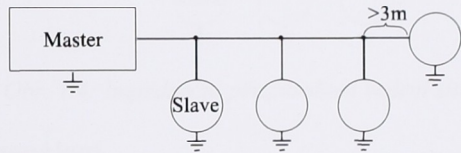
Provedení sítě je tvořeno pouze jedním párem, který je veden od jednotky master až k nejvzdálenějšímu zařízení slave. Ostatní podřízené prvky se připojují ke sběrnici v „malých“ vzdálenostech ($< 3\text{m}$), což demonstruje obr. 1.1.



Obr. 1.1: Lineární topologie.

2.1.2 Kořenová topologie

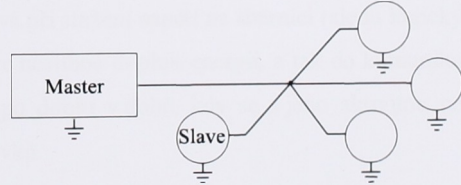
Kořenová topologie je tvořena jednou hlavní linkou spojenou s nejvzdálenějším podřízeným zařízením. Zbylé prvky se připojují identicky jako u lineární topologie pomocí „větvičích“ vedení, avšak ve větších vzdálenostech ($> 3\text{m}$).



Obr. 1.2: Kořenová topologie.

2.1.3 Hvězdicová topologie

Podřízená zařízení se připojují na sběrnici do uzlu, přitom není definované, v jaké vzdálenosti, od jednotky master, mají být umístěny. Hvězdicové zapojení je z hlediska funkčnosti nejméně vhodné.

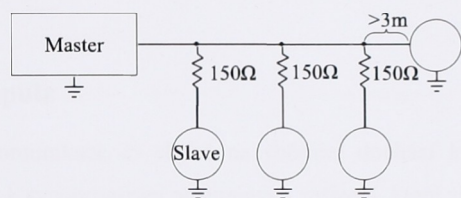


Obr. 1.3: Hvězdicová topologie.

2.1.4 Impedanční přizpůsobení

1-Wire zařízení nemusí mít vstupní impedanci přizpůsobenou impedanci vedení sítě, avšak při větším počtu připojných prvků dojde k odrazům signálu. Tento nepříjemný efekt může způsobit problémy v komunikaci. Řešení umožňuje přidání sériového rezistoru před prvky slave. Experimentálně bylo zjištěno, že postačuje odpor o velikosti přibližně $150\ \Omega$, jak je patrné i na obr. 1.4. Takto impedančně přizpůsobené vedení zmenší energetické rázy, zároveň jsou ztlumeny odrazy od řídící jednotky.

Aplikační příručka [1] uvádí, že sériovým rezistorem je možné snížit špičkovou hodnotu oproti nepřizpůsobené impedanci o téměř 20 % a celkové odrazy až o 40 %. Zlepší se také šumová odolnost, kde bylo experimentálně zjištěno, že při hodnotě odporu $100\ \Omega$ lze dosáhnout zlepšení odolnosti vůči šumu o přibližně 80 %.



Obr. 1.4: Impedanční přizpůsobení vedení sítě.

2.1.5 Parazitní napájení

Energie kolující v síti 1-Wire neslouží jenom ke komunikaci, ale poskytuje napájení pro slave. Jestliže napájecí napětí je menší než napětí na sběrnici, pak dochází k odběru energie do podřízených zařízení, kde se náboj akumuluje na kondenzátoru, který po nabití plní funkci zdroje.

Bohužel s tímto efektem jsou spojeny i negativní účinky. Jestliže by bylo připojeno mnoho parazitních zařízení na datový vodič, docházelo by k přetížení linky. Další problém nastává při stažení napětí na sběrnici (sledu logických 0) po dlouhou dobu, kdy si parazitní slave nestihne doplnit energii, a tak do komunikace nemůže zasáhnout, nebo začne vysílat po dobíjení v době, kdy se s jeho aktivitou nepočítá, čímž narušuje činnosti ostatních prvků.

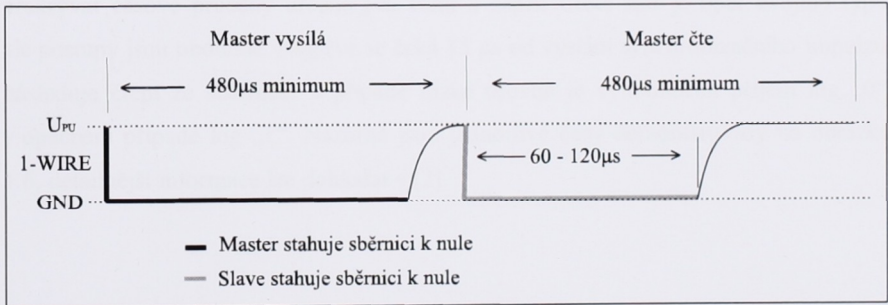
Dostatečně dlouhá doba klidu mezi sloty na sběrnici umožňuje úspěšné zotavení zařízení při parazitním odběru proudu, důležitým faktorem jsou i příznivé napěťové úrovně na 1-Wire. V případě špatných podmínek má slave možnost vyslat RESET impuls.

2.2 Komunikace na 1-Wire

Komunikace na sběrnici je tvořena výměnou bytů skládajících se z bitových slotů. Slot má pevně dané rozmezí své časové délky, kdy by jeho trvání nemělo překročit 120 μ s (nejméně 60 μ s). Přitom vždy na jeho začátku, alespoň na dobu 1 μ s, má datový vodič 1-Wire nízkou úroveň napětí (pulling low). Mezi bity by měla být mezera o velikosti alespoň 1 μ s, kdy se uvolní sběrnice (pulling high), čehož se využívá k synchronizaci jednotlivých slotů.

2.2.1 RESET impuls

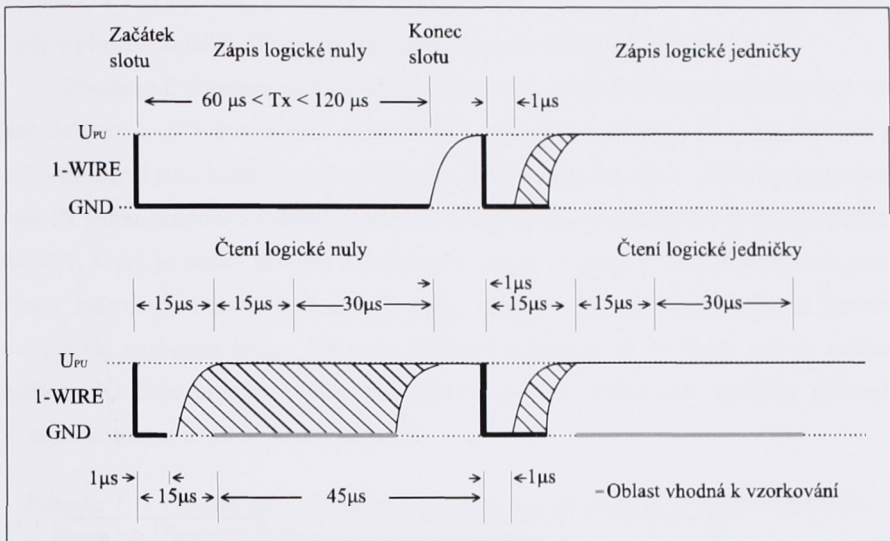
Při zahájení komunikace či chybě na sběrnici dochází k vyslání tzv. RESET impulsu. Slouží také k synchronizaci připojených zařízení, které zároveň mohou po tuto dobu odebrat energii z datové linky. Průběh RESET impulsu se dá rozdělit na dvě části, jak je demonstrováno na obr. 1.4. První je doba nízké úrovně (pulling low) na sběrnici trvající minimálně 480 μ s. Druhou částí je čekání na odpověď od slave zařízení. Jednotka master uvolňuje sběrnici (pulling high) po dobu minimálně 480 μ s, v níž by měl slave ohlásit svoji účast snížením úrovně. Pokud podřízené zařízení neodpovídá, je evidentní, že buď není ke sběrnici připojeno, nebo nechce navázat komunikaci.



Obr. 1.5: Průběh RESET impulsu.

2.2.2 Vyslání bitu

Vyslání sloty můžeme rozdělit na dva typy a to na logickou „0“ nebo „1“. Jejich průběhy jsou znázorněny na obr. 1.6. Pro zapsání log. „0“ musí dojít ke stáhnutí sběrnice na doporučenou dobu 60 μ s. V případě vyslání opačné hodnoty bitu (log. „1“) se sběrnice opět nejprve stáhne, ale následně, po čase delším než 1 μ s, stoupá úroveň napětí na horní mez.



Obr. 1.6: Bitové sloty sběrnice 1-wire.

2.2.3 Příjem bitu

Příjem bitu je inverzní k funkci vyslání, proto by se v ideálním případě měly překrývat časové průběhy určené pro čtení a zápis. Čtecí slot je opět dvojího typu, ale postupy jsou obdobné. Nejprve se čeká 15 μ s od vyslání synchronizačního impulsu, následuje čtení ze sběrnice. V případě nízké úrovně je vyhodnocen příjem log „0“, v opačném případě log „1“. Názorně jsou jednotlivé časy demonstrovány na obrázku 1.6, detailnější informace lze dohledat v [2].

2.3 Hledání zařízení připojených na sběrnici

Zařízení připojená na sběrnici 1-Wire mají svá ID čísla, pomocí kterých je může-
me od sebe odlišit. Pro vyhledání tohoto unikátního 64 bitového kódu je dle [3] třeba
učinit několik kroků.

Nejprve musí master aktivovat veškerá zařízení na sběrnici, což umožňuje příkaz
RESET, po kterém dochází zároveň k synchronizaci prvků na 1-Wire. Dále
se prezentují hledaná zařízení vysláním dvoubitové kombinace, která je uvedena
v tabulce 1.1. Odpověď je složena z hodnoty hledaného bitu ID čísla a její negace.
Tedy v případě logické „0“ by přijatá informace měla hodnotu „01“.

Obsahuje-li sběrnice více prvků, pak se v určité fázi hledání musí jejich bity ID
lišit. Jelikož je „0“ v komunikaci agresivnější, měl by master přijmout kombinaci „00“,
což vyhodnotí jako kolizi prvků na sběrnici. Řídící jednotka nyní volbou hodnoty bitu
vyloučí jednu skupinu z výběru, stanou se tak pasivními posluchači a čekají na příkaz
RESET, který je znovu přivede do aktivního stavu. Skupina aktivních součástek poté
vysílá informaci o další hodnotě ID čísla. Master opět vyhodnotí přijatou zprávu
a odpovídá vyslaným bitem. Takto se cyklicky postupuje až do doby, kdy je známa
hodnota ID čísla prvního prvku. Následně je možné hledat další zařízení, přičemž
v místě kolize se zvolí inverzní hodnota.

Tabulka 1.1: Význam bitové kombinace přijaté řídicí jednotkou při hledání ID čísla

První bit	Druhý bit	Význam informace o sběrnici
0	0	Kolize na sběrnici, je zde více zařízení s různými bity na stejné pozici
0	1	Obsahuje jedno nebo více zařízení s bitem 0
1	0	Obsahuje jedno nebo více zařízení s bitem 1
1	1	Na sběrnici se nenachází žádné zařízení reagující na příkaz SEARCH

3 Síť EPSNet

Využívá se ke komunikaci mezi stanicemi či jednotkami. Jedná se o protokol
založený na standartu Profibus (Process Field Bus), který využívá ke komunikaci
na fyzické vrstvě modelu OSI rozhraní Ethernet, sériovou linku či USB.

3.1 Konfigurace sítě

Síť EPSNet lze požívat ve dvou základních režimech:

- **monomaster** - v síti se nachází jedna nadřízená stanice a několik podřízených
- **multimaster** - v síti se nachází několik nadřízených stanic a několik podřízených

Monomaster obsahuje pouze jednu nadřízenou stanici, která řídí provoz na síti. Síť dále obsahuje jednu nebo více podřízených stanic. Počet může dosahovat až čísla 126, ale je ovlivněn přenosovým médiem. Režim pro komunikaci u stanic je zpravidla PC s vizualizací.

Multimaster je tvořen několika nadřízenými stanicemi, ale o řízení komunikace se vždy stará jen jedna. Ostatní se chovají jako podřízené stanice a o případné řízení musí žádat. Počet nadřízených stanic není omezen, ale součet stanic by neměl přesáhnout číslo 127. Více informací o režimech monomaster a multimaster je možné dohledat v [4].

3.2 Struktura protokolu EPSNet

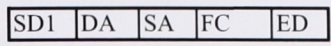
Komunikace probíhá v tzv. zprávách s odlišnou délkou, ovlivněnou obsahem informace či příkazu. Protokol EPSNet je tvořen z částí, které kombinací vytváří zprávy. Jednotlivé části jsou uvedeny v tabulce níže:

Tabulka 2.1: Části využívané v protokolu EPSNet

Znak části	Popis	pevná hodnota
SD1	úvodní znak 1 (start delimiter 1)	\$10
SD2	úvodní znak 2 (start delimiter 2)	\$65
SD4	úvodní znak 4 (start delimiter 4)	\$DC
LE	délka dat , počet bytů položek DA+SA+FC+DATA	3 až 249
LER	opakovaná délka dat (length repeat)	
SD2R	opakovaný úvodní znak 2 (start delimiter 2 repeat)	\$68
DA	cílová adresa (destination address)	0 až 126
SA	zdrojová adresa (source address)	0 až 168
FC	řídící byte rámce (frame control byte),	
	hodnota je dána druhem zprávy	
DATA	vlastní datové tělo zprávy,	
	maximálně může obsahovat 246 bytů	
FCS	kontrolní součet (frame check sum),	
	bytový součet položek DA, SA, FC a DATA	
ED	koncový znak	\$16
SAC	krátké potvrzení (short acknowledge)	\$E5

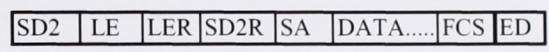
Zprávy používané na sítích EPSNet se dělí na tři druhy. První typ odlišuje od druhého přítomnost datového pole, které je nositelem příkazů a informací. Třetí typ zprávy slouží k předání řízení mezi jednotkami master.

3.2.1 Bez datového pole



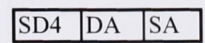
Stanice vysílá zprávu bez datového pole, uvedenou nad tímto textem. Hned první částí je úvodní znak, jeho funkce je informovat příjemce o jaký druh zprávy se jedná. Druhý znak (DA) uvádí adresu, kam se má zpráva doručit. Část SA nese adresu odesílatele, na níž se bude podřízená stanice odkazovat s odpovědí. Zbylé znaky zajišťují bezpečnost a ukončení zprávy.

3.2.2 S datovým polem



Obsah se liší oproti předchozímu typu v úvodním znaku, který informuje o přítomnosti datového pole. Data maximálně dosahují velikost 246 bytů, což je způsobeno omezením kontrolního součtu LE. Na začátku datového pole bývá uvedena instrukce příkazu.

3.2.3 Zpráva token



Zpráva token se využívá pro předání řízení sítě mezi hlavními jednotkami. Nečeká se na příjem odpovědi, ale na uskutečnění příkazu (předání sítě).

3.3 Komunikační služby

Síť EPSNet komunikuje pomocí zpráv, které jsou nositeli informací. Podle [4] se služby dělí na systémové a veřejné. Síť EPSNet kóduje příkazy ve zprávách do datových polí, kde se nacházejí přímo na prvním místě. Mají hodnotu jednoho bytu a plní několik funkcí, podle nichž dochází k dělení služeb na systémové, respektive veřejné. Systémové služby nastavují chování stanice. Dostupné jsou pouze na kanálech v režimu PC a jsou vypsáné v tabulce 2.2.

Tabulka 2.2: Seznam systémových komunikačních služeb EPSNet

Hodnota	Název funkce	Popis
\$09	SETCW	nastavení řídícího slova
\$11	MAASKCW	nastavení řídícího slova (jednotlivé bity)

Veřejné komunikační služby slouží k zapisování nebo čtení dat z paměti. Využívají se i k nastavení času, zjištění chyb ve spojení s dotázanou stanicí atd. Přehled veřejných komunikačních služeb je ke zhlédnutí v tabulce 2.3.

Tabulka 2.3: Seznam veřejných komunikačních služeb EPSNet

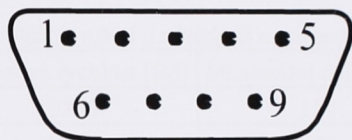
Hodnota	Název funkce	Popis
\$08	SETTID	nastavení času
\$0A	GETSW	přečtení stavového slova
\$0B	READN	čtení z datové paměti
\$0C	WRITEN	zapis do datové paměti
\$0D	WANDRN	zapis do a čtení z datové paměti
\$0E	GETERR	přečtení chybového zásobníku
\$0F	READB	čtení bitů z datové paměti
\$10	WRITEB	zapis do bitů datové paměti
\$90	READBD	destruktivní čtení bitů z datové paměti
\$91	READND	destruktivní čtení z datové paměti
\$93	WANDRND	zapis do a destruktivní čtení z datové paměti

4 Sériová linka RS-232

Standard RS-232, neboli také sériová linka, je ve své poslední variantě RS-232C z roku 1969 po dlouhou dobu využívaným prostředkem pro spojení mezi dvěma přístroji. Přestože je v posledních letech nahrazován univerzálním sériovým rozhraním (USB), stále si některé pozice drží. Zejména u elektronických zařízení (jako příklad lze uvést modem) slouží k upgradu softwaru. V průmyslu je tento standart rozšířen zejména v modifikacích RS-422 a RS-485.

4.1 Provedení konektoru

Nejčastěji používaným konektorem je CANNON 9 (číslo označuje počet pinů), existuje i varianta CANNON 25. Devíti-pinové provedení je znázorněno na obr. 3.1. Podrobný popis uvádí tabulka 3.1, která vychází ze znalostí získaných z [5].



Obr. 3.1: Konektor CANNON 9.

Tabulka 3.1: Popis konektoru CANNON 9.

Číslo pinu	Označení	Popis funkce
1	CD	Příznak přenosu
2	RXD	Přijímaná data
3	TXD	Vysílaná data
4	DTR	Připravenost vysílat data
5	GND	Signálová zem
6	DSR	Připravenost přijímat data
7	RTS	Požadavek přenosu
8	CTS	Smazání přenosu
9	RI	Kruhový indikátor

4.2 Napětové reference RS-232

Sériová linka RS-232 využívá dvě napětové úrovně interpretované logickou 0 (úroveň L) a 1 (úroveň H). Log. 1 je indikována záporným potenciálem, bývá označována jako marking state (klidový stav). Logická 0 (space state) je zastoupena kladnou hodnotou potenciálu. Povolené napětové úrovně jsou uvedeny v tabulce 3.2. Využívanou možností bývá varianta s napětovým zdvojovačem 5 V a invertorem, čímž se dosáhne vytvoření potřebné hodnoty napětí ±10V.

Tabulka 3.2: Napětové úrovně RS232.

Úroveň	Vysílač	Přijímač
Log. L	+5 V až +15 V	+3 V až +25 V
Log. H	-5 V až -15 V	-3 V až -25 V

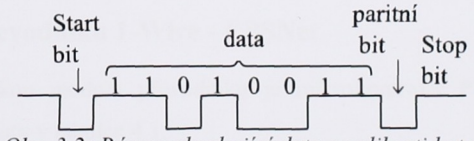
Přenosové rychlosti používané na RS232 jsou ovlivněny kvalitou i délkou vedení, jak je naznačeno v tabulce 3.3.

Tabulka 3.3: Délky vedení v závislosti na přenosové rychlosti.

Přenosová rychlost [Bd]	Maximální délka [m]
19200	15
9600	150
4800	300
2400	900

4.3 Asynchronní komunikace

Výhoda asynchronní komunikace spočívá zejména v nízké potřebě vodičů, pro přenos využívá tři. Informace proudí po přenosových linkách (TXD, RXD) v takzvaných rámcích. Rámec začíná START bitem, dále následuje datové pole, které mívá délku od 7 do 8 bitů. Data jsou chráněna sudou nebo lichou paritou, za níž následuje ukončovací STOP bit. Parita může být i vynechána, nebo využita jako doplněk do bytu v datovém poli.



Obr. 3.2: Rámec obsahující data o velikosti bytu.

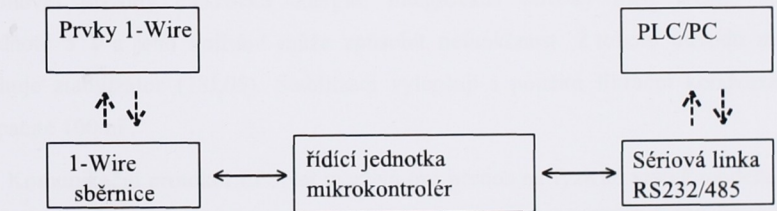
5 Realizace modulu

Následující kapitola popisuje návrh a vytvoření modulu (přípravku) pro kontinuální oboustrannou výměnu dat mezi PLC Tecomat s protokolem EPSNet a prvky na sběrnici 1-Wire. Důraz byl kladen zejména na dostatek přípojných portů. Modul obsahuje nejen klasický konektor sériové linky CANNON 9, ale i šestičlennou svorkovnici, určenou pro spojení s kolíkovými vývody PLC Tecomat. Zpočátku byla tendence vytvořit co možná nejmenší modul, nicméně později převládá názor, že víceúčelový modul je vhodnější, proto byl rozšířen o některé bloky využitelné v rámci dalšího vývoje.

5.1 Hardware

5.1.1 Blokové schéma

Na základě potřeby vytvořit rozhraní mezi sítěmi 1-Wire a EPSNet, bylo navrženo blokové schéma (obráz. 4.1). Opírá se o řídicí jednotku zastoupenou mikrokontrolérem (mikropočítačem). Jeho úkolem je řízení, zpracování i případná archivace dat získaných z periférií. Orientace šipek ukazuje směry toku dat. V případě sběrnice 1-Wire, respektive bloku zajišťující sériovou komunikaci, je spojení s řídicí jednotkou obousměrné. Přerušované šipky naznačují, jaké jsou možnosti připojení modulu. Realizace je uvedena v kapitole 4.1.2.



Obr. 4.1: Navržené blokové schéma.

5.1.2 Návrh převodníku 1-Wire - EPSNet

Řídicí jednotkou modulu převodníku je mikrokontrolér PIC16F887, základní vlastnosti jsou shrnuty v tabulce 4.1.

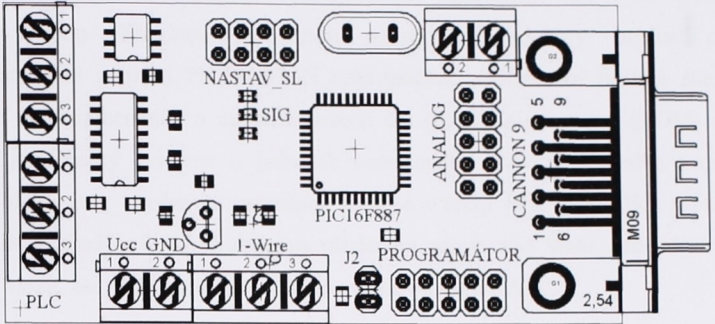
Tabulka 4.1: Základní vlastnosti PIC16F887

Pracovní napětí:	2,0 V - 5,5 V
Proud. odběr - operační režim:	220 mA (2 V)
Proud. odběr - režim stanby:	0,05 A (2 V)
Taktovací frekvence:	do 20 MHz
A/D převodník:	10-bitový
USART:	RS-232/RS-485
Komparátory:	2
Paměť programu:	8192 B
Paměť dat (RWM/EEPROM):	368/256 B
Vstupně výstupních vývodů:	35

Kritériem výběru mikrokontroleru byla dostatečná velikost paměti programu, počet I/O portů a přítomnost sériové linky USART. PIC16F887 obsahuje také analogové vstupy/výstupy, které jsou vyvedeny na kolíkovou lištu (na obr. 4.1 označena ANALOG). Při dalším vývoji by mohly tvořit spojení s analogovou elektronikou. Z důvodu nastavování mikropočítače je instalována na DPS kolíková lišta označená na obr. 4.1 PROGRAMÁTOR. Slouží ke spojení s programátorem PICFlash2 a zároveň, v případě propojení J2, napájí integrované obvody modulu včetně sběrnice 1-Wire. Podřízená zařízení se připojují na sběrnici 1-Wire pomocí šroubové svorkovnice, kde je již pro ně připraveno napájení potřebné v případě neschopnosti prvků parazitně akumulovat energii (viz. 1.1.4). Poslední dva články svorkovnice jsou hlavní přívody elektrické energie. Integrované obvody mají určené napětí o hodnotě 5 V a jeho kolísání může způsobit nefunkčnost. Z tohoto důvodu modul obsahuje stabilizátor (78L05). Stabilizaci vylepšují i použité filtrační kondenzátory o kapacitě 100 nF.

Komunikační protokol EPSNet využívá pro přenos na fyzické vrstvě modelu OSI sériové rozhraní, v rámci bakalářské práce byl zvolen typ RS-232/RS-485. Nastavení výběru sériového rozhraní je možno zvolit na kolíkové liště (NASTAV_SL). Pro vytvoření potřebných napěťových referencí, mezi mikropočítačem a sériovou linkou, jsou použity integrované obvody [6] a [7] firmy Maxim Integrated Products, Inc. Modul využívá dvě varianty spojení s PLC/PC, jednou možností je připojení svorkovnice (PLC) na kolíkové vývody PLC Tecomat. Druhý princip pracuje s klasickým konektorem sériové linky CANNON 9. Na DPS bylo také umístěno pásmo signalizace (označené SIG) tvořené třemi SMD LED diodami. Důvodem je indikace

stavu modulu, respektive aktivity. Hodinové knity pro mikropočítače generuje instalovaný krystal oscilující na frekvenci 20 MHz.



Obr. 4.1: Vzhled modulu.

5.2 Software

Následující text je věnován tvorbě zdrojového kódu pro mikrokontrolér PIC16F887. Obsah by měl představit program microPascal PRO od firmy Mikroelektronika, který obsluhuje programovací zařízení PICFlash2. Výhody tohoto programátoru spočívají v rozšířeném rozhraní USB 2.0, dodávající zároveň energii bez potřeby připojení externího zdroje, funkci real-time ladění na hardwarové úrovni pomocí nástroje mikroLCD a kompatibilitě s mikropočítači PIC12F/16F/ 18F.

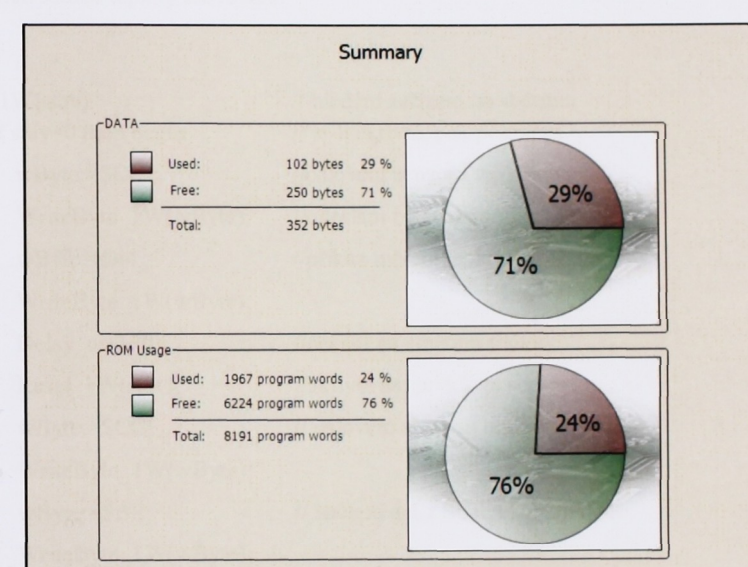
Stěžejními částmi zdrojového kódu se zabývá kapitola 5.1.2. Snaha spočívala v názorné ukázce komunikaci sběrnice 1-Wire a protokolu EPSNet. Celý zdrojový kód je možné zhlédnout na příloženém CD.

5.2.1 Program pro návrh zdrojového kódu

Zdrojový kód ovládající mikropočítač PIC16F887 [8] byl navržen v programu microPascal PRO (verze 3.2). Jedná se o prostředí využívající vyšší programovací jazyk Pascal.

Editor kódu kontroluje dodržování syntaxe napsaného strukturovaného textu. K jednotlivým instrukcím (pasážím) je možné přidat komentář. Program MicroPascal má implementován množství knihoven, které obsahují přednastavené ovládání nejen pro mikropočítač PIC. Rozsah knihoven je pestrý. Obsahuje např. řízení paměti, nastavování LCD displejů, základní ovládání sběrnice I2C, SPI či 1-Wire.

Aplikace překompiluje vytvořený zdrojový kód do řady souborů, které lze zobrazit i v okně programu microPascal. Mezi důležité přípony souborů patří hex a asm. Posledně zmiňovaná koncovka je specifická pro assembler, který má strukturu strojového kódu. Příponou hex jsou označovány soubory určené přímo pro programovací zařízení PICTFlash2 či mikropočítač. Stisknutím tlačítka statistics se zobrazí okno informující o zaplnění paměti dat (RAM) a programu (ROM), tento parametr je důležitý zejména u jednotek s minimální zásobou úložného prostoru. V tomto bloku jsou uvedeny i proměnné použité v textu editoru a jejich propojení s pamětí dat, čehož se využívá zejména při ladění zdrojového kódu. Jednotlivá okna je možné uložit, obr. 5.1 zobrazuje zaplnění paměti ROM a RAM.



Obr. 5.1: Zaplnění paměti RAM a ROM.

Program microPascal PRO má integrovanou aplikaci debugger sloužící k testování překompilovaného kódu. Umožňuje výpočet doby trvání instrukce (pasáže) či celého zdrojového textu. Testovací aplikace imituje funkci mikrokontroleru PIC a během simulace lze měnit i obsahy paměti RAM.

MicroPascal komunikuje s určitými druhy programátorů. V rámci bakalářské práce byl využit typ PICFlash2 společnosti MikroElektronika. Programátor nejprve nahraje soubor hex do mikrokontroléru a pomocí aplikace mikroICD (In-Circuit Debugger) testuje navržený kód v reálném čase na hardwarové úrovni. •

5.2.2 Zdrojový kód pro mikrokontrolér

Tento článek se věnuje vybraným úsekům zdrojového kódu, který v rámci rozsahu není možné představit celý. První část popisuje interakci řídicí jednotky modulu s prvky na sběrnici 1-Wire. Jejím úkolem je navázání spojení a výměna data. V rámci testování byl zvolen senzor teploty DS18B20.

```
Reset_1W(stav)      ; // hledání zařízení na sběrnici
if stav=0 then begin // je-li aktivní, pak pokračuj
  wByte:=SCC ;       // oslovení senzoru teploty
  WriteByte_1W(wByte); // odeslání bytu na sběrnici 1-Wire
  wByte:=S44 ;       // příkaz měření teploty
  WriteByte_1W(wByte);
  Delay_us(120);     // čekání na změnění teploty
  Reset_1W(stav);    // aktivování prvků na sběrnici
  wByte:=SCC;        // oslovení senzoru teploty
  WriteByte_1W(wByte);
  wByte:=SBE;        // načtení dat z SCRATCHPAD
  WriteByte_1W(wByte);
  ReadByte_1W(wByte);
  tl :=wByte;        // načtení dolního bytu teploty
  ReadByte_1W(wByte);
  th :=wByte;        // načtení horního bytu teploty
```

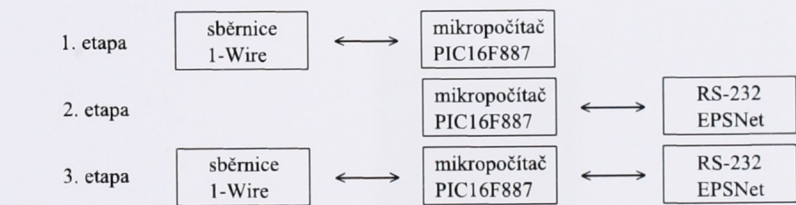
Druhá část je věnována interakci v sítích EPSNet. Mikropočítač obstarává navázání spojení, případně odeslání získaných dat do PLC/PC. V rámci komunikace protokolem EPSNet využívá řídicí jednotka modulu zejména služby představované procedurami EPSNET_INI, EPSNET_PLC_zapis, EPSNET_PLC_cteni

a reaguje také odpovědí na přijaté zprávy. Procedura starající se o navázání spojení (nazývané CONNECT) inicializuje komunikační struktury. Tato zpráva, označovaná ve zdrojovém kódu proměnnou msg, je realizována následujícím textem:

```
procedure EPSNET_INI;  
begin  
  msg[1]:= $10; //úvodní znak  
  msg[2]:= $04; //cílová adresa  
  msg[3]:= $7E; //adresa odesílatele  
  msg[4]:= $6E; //řídící byt rámce  
  msg[5]:= $F0; //kontrolní součet  
  msg[6]:= $16; //koncový znak  
end;
```

Zdrojový kód obsahuje také sofistikovaný způsob vyhledávání ID čísel prvků na sběrnici 1-Wire. Funkce vychází z pododdílu 1.3. Pomocí ID čísla je možné přistoupit ke konkrétnímu senzoru teploty.

6 Testování



Obr. 6.1: Postup při testování modulu.

Testování modulu postupovalo po etapách naznačených na obr. 6.1. První fáze proběhla na sběrnici 1-Wire, kde byl pro počáteční komunikaci určen senzor teploty DS18B20. Postup řízení senzoru je podrobně popsán v [9]. Mikropočítač vypustoval v komunikaci jako jednotka master, navázal spojení a přikázal zařízení slave měření teploty. Následně vyčetl data z paměti senzoru, čímž byla potvrzena funkčnost sběrnice 1-Wire a její obsluhy.

Podle zadání bakalářské práce by měl být modul schopen interakce s více prvky, proto další krok vedl k testování podprogramu pro obsluhu vyhledávání zařízení (1.2) tvořící síť I-Wire. Jedná se o proces získávání ID čísel z paměti prvků, s jejichž pomocí jsou jednotlivá zařízení od sebe separována.

Další etapa byla věnována protokolu EPSNet a asynchronní sériové lince. Pro ovládání sériové linky existovaly dvě možnosti. První, z hlediska programátora jednodušší, spočívala ve využití hardwarového řízení pomocí rozhraní USART. Druhá možnost využívala k ovládání sériové linky program u. Vybraná druhá varianta vyžadovala při testování zpětnou vazbu, proto byl modul spojen přes rozhraní RS-232 s počítačem. Program Herkules, určený ke kontrole periférií PC, poskytoval informace o přijatých datech, důležitých pro následné ladění zdrojového kódu. Pomocí empiricky získaných údajů proběhly potřebné korekce v časování vysílaných bitů při zvolené rychlosti komunikace 9600 kb/s.

Následně byl využit program SoftPLC nahrazující reálné PLC. Virtuální PLC (viz. obr. 6.1), dorozumívající se protokolem EPSNet, nedokázalo na některé zprávy odpovědět, zejména pokud součástí paketu bylo datové pole. Chyba byla objevena opět v časování sériové komunikace, ale nyní již korekce nebyly možné. Z tohoto důvodu se realizovala první varianta spočívající v hardwarovém řízení pomocí rozhraní USART. Následně virtuální PLC reagovalo na přijaté zprávy vysláním potvrzovací odpovědi.



Obr. 6.1: Virtuální PLC programu SoftPLC.

Závěrečný test modulu byl realizován na reálném PLC Tecomat ve spojení se sériovou linkou RS-232. Obsluhující program Mosaic získával informace z PLC pomocí Ethernetu. Zdrojový kód byl upraven pro funkci měření teploty a vyčtení hodnoty z paměti prvku. Dále mikropočítač navázal spojení pomocí protokolu EPSNet s PLC Tecomat (příkaz CONNECT). Po přijetí potvrzovací odpovědi (SAC) následovalo odeslání zpracovaných dat zahrnujících naměřenou teplotu. Opět mikropočítač čekal na potvrzení o zprávě od PLC. Ve zdrojovém kódu se ošetřila i situace neúspěšného předání dat, při kterém by mikropočítač navázal nové spojení protokolem EPSNet.

7 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo seznámení s komunikačním protokolem EPSN[®] sběrnici Maxim-Dallas a realizování hardwarového rozhraní umožňující kontinuální oboustrannou výměnu dat mezi PLC Tecomat a sběrnici 1-Wire.

Test funkčnosti modulu byl popsán v kapitole 6, kde se zasahovalo opravami do zdrojového kódu určeného pro mikrokontrolér PIC16F887. Zejména v souvislosti s časováním sériové linky docházelo k chybovým komunikacím. Variant pro odstranění této příčiny bylo několik. První možnost spočívala v korekcích kódu, druhá možnost využívala hardwarové řízení, které nakonec bylo realizováno.

Modul je určený k výuce na Ústavu mechatromiky a technické informatiky jako rozšíření funkcí pro PLC Tecomat. Dochází tak k obohacení automatů o možnost komunikovat s prvky na síti 1-Wire, které by mohly sloužit jako zdroje informací, signalizací, nebo k ovládání dalších zařízení.

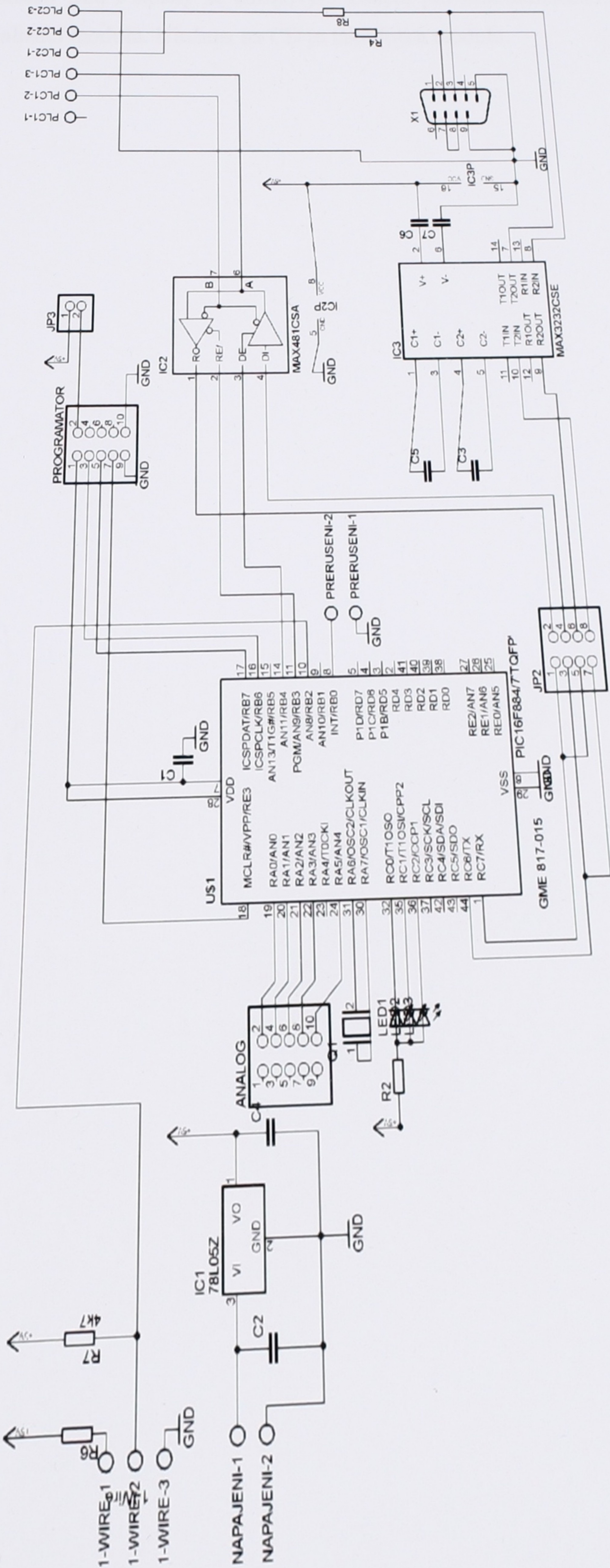
Za přínos této bakalářské práce považuji seznámení s mikrokontroléry PIC vyráběné firmou Microchip Technology, prohloubení znalostí v navrhování plošných spojů a nemenší význam má též praktická zkušenost s programováním v jazyce Pascal. Práce s nastavováním PLC mě obohatila o poznatky využitelné pro nové projekty.

Závěrem bych rád dodal, že se podařilo realizovat zadání bez větších nedostatků. Byl vytvořen modul umožňující kontinuální oboustrannou výměnu dat mezi PLC Tecomat a sběrnici 1-Wire.

Seznam použité literatury

- [1] Maxim Integrated Products. *Guidelines for Reliable Long Line I-Wire® Networks*. Září 2008. 16 s. Dostupné z WWW: <<http://www.maxim-ic.com/app-notes/index.mvp/id/148>>.
- [2] Maxim Integrated Products. *Book of iButton® Standards*. Leden 2002. 158 s. Dostupné z WWW: <<http://www.maxim-ic.com/app-notes/index.mvp/id/937>>.
- [3] Maxim Integrated Products. *I-Wire Search Algorithm*. Březen 2002. 18 s. Hledani_ID_owewire.pdf, [CD ROM]
- [4] Teco, a.s. *Sériová komunikace programovatelných automatů TECOMAT-MODEL 32 BITÚ*. Průručka Tecomat.pdf. Březen 2009, s. 140-178. [CD ROM].
- [5] *Hw.cz* [online]. Prosinec 2005 [cit. 2010-05-15]. Sériová linka RS-232. Dostupné z WWW: <<http://hw.cz/rs-232>>.
- [6] Maxim Integrated Products. *Data Sheet : +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers*. 2006. 36 s. MAX220-MAX249.pdf, [CD ROM].
- [7] Maxim Integrated Products. *Data Sheet : ±15kV ESD-Protected, Slew-Rate-Limited, Low-Power, RS-485/RS-422 Transceivers*. 2003. 16 s. MAX1487E-MAX491E.pdf, [CD ROM].
- [8] Microchip Technology Inc. *Data Sheet : PIC16F882/883/884/886/887*. 2009. 328 s. datasheet_pic16f887.pdf, [CD ROM].
- [9] Dallas-Maxim. *Data Sheet : DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer*. 2008. 22 s. DS18B20.pdf, [CD ROM].
- [10] Firemní materiály firmy Maxim Integrated Products, Inc. [online]. [2010-5-15]. Dostupné z WWW: <www.maxim-ic.com>.
- [11] Firemní materiály firmy Teco, a.s. [online]. [2010-5-15]. Dostupné z WWW: <www.tecomat.cz>.
- [12] VACEK, Václav. *Učebnice programování PIC*. Praha : BEN, c2004. 141 s. ISBN 80-86056-87-2.
- [13] PLÍVA, Zdeněk. *EAGLE prakticky*. 1. vyd. Praha : BEN - technická literatura, 2007. 184 s. ISBN 978-80-7300-2.

Příloha A - Schéma modulu vytvořené v programu Eagle (verze 5.4).



Příloha B - Obsah CD

Příložené CD médium obsahuje v elektronické podobě bakalářskou práci ve formátu pdf. Součástí jsou i složky se zdrojovým kódem pro mikrokontrolér, podklady pro návrh a realizaci modulu. Uložena na CD je také fotka modulu.

